昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, February 2014, 57(2): 257 –264　　ISSN 0454-6296

云南居民区鼠类体外寄生蚤物种多样性调查

高子厚，刘正祥，杜春红，洪　梅，李玉琼，吴爱国，龚正达，宋志忠
（云南省地方病防治所，云南省鼠疫防控重点实验室，云南大理 671000）

摘要：【目的】了解云南居民区鼠类寄生蚤的群落结构和空间分布特征。【方法】根据云南不同经纬度、海拔等自然环境条件，于 2007 年 4 月 –2012 年 11 月，选取云南 17 个县(市) 居民区作为样区，系统开展鼠类体外寄生蚤的调查，运用群落结构指标对居民区鼠类寄生蚤的群落特征和沿环境梯度的空间分布进行研究。【结果】结果显示：在调查的 17 个县(市)室内共检获鼠类体外寄生蚤 521 头，隶属 4 科 7 亚科 9 属 12 种。居民区寄生蚤的纬度和垂直分布类似，低纬度和低海拔范围的种类相对较少，印鼠客蚤和缓慢细蚤是室内寄生蚤的优势种。相对纬度和海拔较高的区域，居民区寄生蚤种类增多，但优势种不突出；在经度水平分布上，蚤种类于 99°～101°E 经度带形成一个高峰，室内寄生的优势种印鼠客蚤和缓慢细蚤几乎在所有经度带都可见到分布，显示了较宽的生态幅。另外，居民区寄生蚤物种丰富度和多样性指数水平分布(纬度)和垂直分布呈现为单峰格局，总体显示随着纬度和海拔的升高，先升高后降低的分布特征，而在另一个水平分布(经度)，则呈现由西向东呈递减的趋势。【结论】研究认为，云南居民区蚤类的空间分布表现为独特的地理区域特征，气候环境、森林植被和人类生活生产方式通过影响蚤类栖息生境来影响蚤类的分布。

关键词：蚤类；群落结构；空间分布；居民区；物种多样性；优势种；鼠类；云南
中图分类号：R384.3　Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2014)02-0257-08

An investigation of species diversity of ectoparasite fleas on rodents in residential areas in Yunnan province, southwestern China

GAO Zi-Hou, LIU Zheng-Xiang, DU Chun-Hong, HONG Mei, LI Yu-Qiong, WU Ai-Guo, GONG Zheng-Da, SONG Zhi-Zhong (Provincial Key Laboratory for Plague Control and Prevention, Yunnan Institute for Endemic Diseases Control and Prevention, Dali, Yunnan 671000, China)

Abstract:【Aim】To understand the characteristics of community structure and spatial distribution of ectoparasite fleas on rodents in residential areas in Yunnan province, southwestern China.【Methods】The systematic investigation on the fauna and community ecology of ectoparasite fleas on rodents were carried out in residential areas of 17 counties of Yunnan province, southwestern China with different longitude, latitude and elevation from May 2007 to November 2012. The characteristics of the spatial distribution of flea communities along environmental gradients were analyzed using community structure indexes.【Results】A total of 521 fleas were collected from the body surface of rodents from residential areas in the seventeen counties, and these fleas were classified into 12 species of 9 genera in 7 subfamilies of 4 families. The vertical and latitudinal distributions of fleas were similar in residential areas. The number of flea species was relatively less in the low latitude and altitude range, and *Xenopsylla cheopis* and *Leptopsylla segnis* were the dominant species of indoor parasitic fleas. However, in the high latitude and altitude region, although more species were found, the dominant species was not prominent. The horizontal distribution of flea species richness showed one peak along the longitudinal gradient, and the highest richness was observed at the longitude 99° – 101°E. The indoor dominant species *X. cheopis* and *L. segnis* can be distributed in almost all longitudes, displaying a wide ecological amplitude feature. In addition, the richness and diversity spatial distribution patterns of fleas showed the similar trends of leaning peak curves, first gradually increasing and then decreasing with the increase of latitude and elevation. The geographical distribution of flea species diversity, however, showed gradually decreasing tendency from west to east in longitude distribution.【Conclusion】The spatial patterns of fleas communities in residential areas show unique geographic characteristics in Yunnan, and the

基金项目：国家自然科学基金项目(30960331)；卫生行业科研专项(201202021)
作者简介：高子厚，男，1972 年生，云南个旧人，副主任医师，硕士，研究方向为媒介生物学，E-mail：yngzh@126.com
收稿日期 Received：2013-11-04；接受日期 Accepted：2014-01-28

characteristics are affected by different habitats of fleas which are influenced by a variety of factors such as climate, forest vegetation and human activities.

Key words: Flea communities; community structure; spatial distribution; residential area; species diversity; dominant species; rodents; Yunnan

蚤类属于节肢动物门，昆虫纲，蚤目，是温血动物的体外寄生虫(吴厚永等，2007)。国内外近期有关蚤类的研究主要集中在分类与区系、物种多样性、生物学及其与宿主、重要环境因素和疾病关系等方面(龚正达等，2001；Krasnov *et al.*，2006；Salkeld and stapp，2008；Friggens *et al.*，2010)。居民区是人类生活和居住的主要区域，组成该景观的主要要素是人工建筑、人类、乔木、灌木以及小面积的水域等，人类活动极度频繁是该景观的主要特点(王志高等，2008)，居民区作为一个特殊的动物栖息生境，受社会发展和人为活动的影响较大，寄生蚤群落较为简单，其物种丰富度和多样性等群落结构指标明显低于森林型(自然群落)而生态优势度则明显较高，优势种突出(龚正达等，2000)。然而，针对居民区景观蚤类的群落生态学尚未有全面系统的论述。因此，本课题组于 2007 年 4 月 – 2013 年 11 月选取云南省 17 个县(市)作为样区，对居民区鼠类及其体外寄生蚤开展系统调查，基于这些调查资料，初步探讨云南居民区寄生蚤沿经纬度梯度(水平分布)和海拔梯度(垂直分布)的空间分布规律和特征，进一步补充和完善蚤类生态学方面的研究。

1 材料与方法

1.1 调查范围和调查时间:

根据云南不同经纬度、海拔等自然环境条件，于2007 年4 月 –2013 年11 月选取梁河、腾冲、云龙、云县、永德、景谷、宁洱、勐海、勐腊、弥勒、石屏、玉龙、剑川、香格里拉、德钦、丘北和马关17 个县(市)作为调查地点(表 1)，经度范围 98 ~ 104°E 区间，纬度 21 ~ 28°N 梯度带，海拔 500 ~ 3 500 m区间的山区和坝区的居民区，调查时间主要在不同年份旱季。

表 1 云南居民区鼠类体外寄生蚤调查地点

Table 1 Surveying localities of ectoparasite fleas on rodents in residential areas in Yunnan province

调查地点 Surveying locality	经度(°E) Longitude	纬度(°N) Latitude	海拔(m) Altitude	调查时间 Surveying time
梁河 Lianghe	98	24	1 000 – 1 500	2010.11
腾冲 Tengchong	98	25	1 000 – 1 500	2010.11
云龙 Yunlong	99	25	2 000 – 2 500	2010.12
永德 Yongde	99	24	1 500 – 2 000	2011.5
德钦 Deqin	99	28	2 000 – 2 500 3 000 – 3 500	2012.6
剑川 Jianchuang	100	26	2 500 – 3 000	2010.8
玉龙 Yulong	100	26	2 000 – 2 500 3 000 – 3 500	2007.4
香格里拉 Xianggelila	100	28	3 000 – 3 500	2011.6
云县 Yunxian	100	24	1 000 – 1 500	2011.5
景谷 Jinggu	100	23	500 – 1 000	2011.10
勐海 Menghai	100	22	1 000 – 1 500	2011.11
宁洱 Ning’er	101	23	1 000 – 1 500	2011.10
勐腊 Mengla	101	21	500 – 1 000	2011.11
石屏 Shiping	102	23	1 000 – 1 500	2012.10
弥勒 Mile	103	24	1 000 – 1 500	2012.10
丘北 Qiubei	103	23	1 000 – 1 500	2012.12
马关 Maguan	104	23	1 000 – 1 500	2012.12

1.2　材料收集

对每个调查地点选取 30 个采样点(以自然村或街道为采样点)，布放鼠笼 11 047 个，开展鼠类寄生蚤种类、数量和生物量的调查，室内按笼日法选择 10 ~ 20 户，每户布放 5 ~ 10 个笼，连续置笼 3 昼夜；每采样点置鼠笼不低于 300 个，每天清晨次晨用密封的鼠袋收集鼠类标本，带回实验室麻醉后按常规方法收集体表的全部蚤类置 70% 乙醇保存。

1.3　蚤类鉴定

蚤类标本经 30%，50%，70%，90% 和 95% 的乙醇逐级脱水后，以乙醇∶二甲苯(1∶1，v/v)、二甲苯透明后用冷杉胶封制玻片标本，应用形态学方法，在显微镜下对所制标本鉴定种类(吴厚永等，2007)。

1.4　数据统计与分析

1.4.1　构成比计算：参考詹银珠等(2011)，构成比(D_r)、染蚤率(rate of infected flea，R_f)和蚤指数(index of fleas，I_f)计算公式如下：

$$D_r = \frac{N_i}{N} \times 100\% \text{；} R_f = \frac{H_m}{H} \times 100\% \text{；}$$

$$I_f = \frac{M}{H} \times 100\% \text{。}$$

公式中，N_i 为某种蚤类或某种宿主个体数，N 为蚤类或宿主总个体数，H_m 为某种蚤类寄生某种宿主个体数，H 为寄生某种蚤的宿主总数，M 为某种蚤类的个体数。

1.4.2　数据标准化处理：在统计海拔和经纬度格局时，多样性指数均以采样点为单位进行统计分析，对每个采样点获得数据按照同样捕获强度(按每个点 300 笼次/3 d)为标准进行标化，大于 300 笼次的点通过染蚤率和蚤指数计算捕获量。

1.4.3　群落结构指标测定：参考马克平(1994)，公式如下：用 Shannon-Winner 指数公式：$H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i \ln P_i (P_i = n_i/N)$ 分别计算各经纬度和垂直带寄生蚤群落物种多样性指数，式中 H' 为多样性指数，P_i 为第 i 种的个体比例；以 Pielou 均匀度指数公式 $J = H'/\ln S$(S 为物种数) 计算各经纬度和垂直带寄生蚤种的均匀度指数，式中 J 为均匀度，S 为种类数；用 Simpson 优势度指数公式 $C' = \sum (n_i/N)^2$ 计算各群落的生态优势度，式中 C 为生态优势度，n_i 为每一种的个体数，N 为总个体数。

2　结果

2.1　居民区鼠类体外寄生蚤组成

本次调查共捕获小型兽类 3 目 4 科 7 属 12 种，共 390 头。检获体外寄生蚤 521 头，隶属 4 科 7 亚科 9 属 12 种，分别为：印鼠客蚤 *Xenopsylla cheopis*、猫栉首蚤指名亚种 *Ctenocephalides felis felis*、特新蚤 *Neopsylla specialis specilis*、斯氏新蚤 *Neopsylla stevensi*、相关新蚤 *Neopsylla affinis*、高山狭臀蚤 *Stenischia montanis*、方叶栉眼蚤 *Ctenophthalmus quadatus*、缓慢细蚤 *Leptopsylla segnis*、迪庆额蚤 *Frontopsylla diqingensis*、绒鼠怪蚤 *Paradoxopsyllus custodies*、金沙江怪蚤 *Paradoxopsyllus jinshajiangensis*、长形病蚤 *Nosopsyllus elongates*(表 2)。

2.2　居民区鼠类寄生蚤与宿主的关系

本次调查居民区鼠类动物的染蚤率为 36.15%，其中褐家鼠染蚤率最高，其次是大足鼠和黄胸鼠。总蚤指数为 1.34，其中褐家鼠的蚤指数最高，其次是黄胸鼠，食虫目短尾鼩和攀鼩目贝氏树鼩最低。另外，大足鼠染带蚤种最多，缓慢细蚤、印鼠客蚤和特新蚤分布的宿主动物也较多。检获绝对数量以印鼠客蚤最多，主要寄生于家鼠属的小型兽类，是黄胸鼠的优势种群；其次是缓慢细蚤，是褐家鼠的优势种；方叶栉眼蚤是绒鼠的优势种；其余蚤类可能是对应宿主动物的常见种或偶然染带(表 3)。

2.3　居民区鼠类寄生蚤垂直分布特征

在居民区景观中，寄生蚤的垂直分布，以印鼠客蚤和缓慢细蚤最广，在 3 个垂直带有分布，其余蚤类分布范围相对要局限一些。居民区蚤类的分布与海拔密切相关：2 000 m 以下，鼠类寄生蚤种仅有 4 种，其中以印鼠客蚤和缓慢细蚤为主，占该区间检获蚤类的 75.84%；2 000 m 以上，居民区鼠类寄生蚤的分布发生明显变化，蚤种增加至 9 种。另外，该区域蚤种因居民区所处具体位置不尽相同，沿公路分布的村落，其蚤类多寄生在家鼠属的大足鼠和褐家鼠体表，主要是迪庆额蚤和缓慢细蚤，而位于林区中的自然村落，蚤类多寄生于绒鼠属和姬鼠属动物，主要是方叶栉眼蚤和特新蚤；3 500 m 以上为天然原始森林或牧场，仅有临时放牧的安置点，尚未形成独立和固定的居民区景观，未开展调查。比较而言，3 000 – 3 500 m 垂直带居民区蚤种丰富度和物种多样性较高，而 500 – 1 000 m 捕获的

表 2　云南省居民区不同鼠类体外寄生蚤的组成

Table 2　The composition of ectoparasite fleas on rodents in residential areas in Yunnan province

蚤种 Flea species	宿主动物 Hosts									计 Total	构成比 Constituent ratio (%)
	黄胸鼠 *Rattus norvegicus*	褐家鼠 *R. norvegicus*	斑胸鼠 *R. yunnanensis*	大足鼠 *R. nitidus*	斯氏家鼠 *R. brunneusculus*	小家鼠 *Mus musculus*	齐氏姬鼠 *Apodemus chevrieri*	绒鼠 *Eothenomys*	社鼠* *Niviventer confucianus*		
印鼠客蚤 *Xenopsylla cheopis*	155	64	28		3					250	47.98
猫栉首蚤 *Ctenocephalides felis felis*	4									4	0.77
特新蚤 *Neopsylla specialis specilis*		1		2			1		1	5	0.96
斯氏新蚤 *Neopsylla stevensi*				1						1	0.19
相关新蚤 *Neopsylla affinis*				1						1	0.19
高山狭臀蚤 *Stenischia montanis*								1		1	0.19
方叶栉眼蚤 *Ctenophthalmus quadatus*								31		31	5.95
缓慢细蚤 *Leptopsylla segnis*	71	136	1	1	2					211	40.50
迪庆额蚤 *Frontopsylla diqingensis*				8			4		1	13	2.50
绒鼠怪蚤 *Paradoxopsyllus custodies*				2						2	0.38
金沙江怪蚤 *Paradoxopsyllus jinshajiangensis*				1						1	0.19
长形病蚤 *Nosopsyllus elongate*						1				1	0.19
合计 Total	230	201	29	16	5	1	5	32	2	521	100

* 因玉龙 2007 年调查时，原记录将绒鼠全部鉴定为大绒鼠，后续调查发现该调查地点绒鼠分为大绒鼠和玉龙绒鼠两种（李贵昌等，2009），故将 2007 年结果统称为绒鼠；下表同。All *Eothenomys* voles were identified as *Eothenomys miletus* in Yulong county in 2007, but we found *Eothenomys* voles from this locality should be identified as two species (*Eothenomys miletus* and *Eothenomys proditor*) in the follow-up investigation (Li *et al*., 2009). So these identification results on *Eothenomys miletus* in 2007 are regarded as *Eothenomys*. The same for the following tables.

蚤类丰富度和物种多样性指数无法计算，居民区蚤类的物种丰富度和多样性总体趋势呈现为随海拔增加逐步增高的分布格局（表 4）。

2.4　不同经度居民区鼠类寄生蚤的地理分布格局

2.4.1　居民区鼠类寄生蚤沿经度水平的分布格局：居民区蚤类的物种丰富度随经度增加呈现先增高后降低的分布格局，在 99 – 100°E 带形成高峰，正好位于横断山脉的核心区域；蚤类生态优势度以 102°E 最大，优势种印鼠客蚤的地位突出，相反均匀度指数最低；而 99°E 经度带生态优势度最小，均匀度较高；居民区蚤类物种多样性在不同经度的分布是明显不同的，总体趋势呈现为由西向东递减的分布格局（表 5）。

表 3　云南省居民区鼠类体外寄生蚤类与宿主的关系指标

Table 3　The relationship of ectoparasite fleas on rodents and hosts in residential areas in Yunnan province

宿主 Host	捕获小兽 Captured rodents		蚤宿主数 Number of infected hosts	染蚤率 R_f	蚤数 Number of fleas	百分比 Percentage	蚤指数 I_f
	数量 Number of hosts	百分比 Percentage					
黄胸鼠 *Rattus tanezumi*	132	33.85	61	46.21	230	44.15	1.74
褐家鼠 *Rattus norvegicus*	66	16.92	47	71.21	201	38.58	3.05
斑胸鼠 *Rattus yunnanensis*	81	20.77	7	8.64	29	5.57	0.36
大足鼠 *Rattus nitidus*	19	4.87	11	57.89	16	3.07	0.84
斯氏家鼠 *Rattus brunneusculus*	8	2.05	2	25.00	5	0.96	0.63
小家鼠 *Mus musculus*	16	4.10	1	6.25	1	0.19	0.06
齐氏姬鼠 *Apodemus chevrieri*	12	3.08	2	16.67	5	0.96	0.42
社鼠 *Niviventer confucianus*	11	2.82	2	18.18	2	0.38	0.18
绒鼠 *Eothenomy*	35	8.97	8	22.86	32	6.14	0.91
四川短尾鼩 *Anourosorex squamipes*	8	2.05	0	0	0	0	0
贝氏树鼩 *Tupaia belangeri*	2	0.51	0	0	0	0	0
合计 Total	390	100	141	36.15	521	100	1.34

表 4　云南省居民区不同海拔鼠类寄生蚤的组成、分布及多样性

Table 4　The composition, vertical distribution and diversity of ectoparasite fleas on rodents in residential areas, Yunnan province

蚤种 Flea species	海拔 Altitude (m)				
	500 – 1 000	1 000 – 1 500	1 500 – 2 000	2 000 – 3 000	>3 000
印鼠客蚤 *Xenopsylla cheopis*	24	177	24		
猫栉首蚤 *Ctenocephalides felis felis*		4			
特新蚤 *Neopsylla specialis specilis*					1
斯氏新蚤 *Neopsylla stevensi*				1	4
相关新蚤 *Neopsylla affinis*					1
高山狭臀蚤 *Stenischia montanis*					1
方叶栉眼蚤 *Ctenophthalmus quadatus*					5
缓慢细蚤 *Leptopsylla segnis*		66	19	10	
迪庆额蚤 *Frontopsylla diqingensis*					13
绒鼠怪蚤 *Paradoxopsyllus custodies*					2
金沙江怪蚤 *Paradoxopsyllus jinshajiangensis*				1	
长形病蚤 *Nosopsyllus elongate*		1			
合计 Total	24	248	43	12	27
物种丰富度 Species richness (S)	1	4	2	3	7
生态优势度 Ecology dominance (C)	–	0.5805	0.5068	0.7083	0.2977
均匀度指数 Pielou evenness index (J)	–	0.4918	0.9902	0.5153	0.7740
物种多样性指数 Species diversity index (H')	–	0.6818	0.6864	0.5661	1.5061

表 4 和表 5 中蚤的数量为数据标准化处理后结果，每个采样点获得数据按照同样捕获强度（按每个点 300 笼次/3 d）为标准进行标化，大于 300 笼次的点通过染蚤率和蚤指数计算捕获量。The captured data of fleas from each sampling point in Tables 4 and 5 were normalized in accordance with the same intensity (300 cages/3 d per point, and those from the sampling points with the intensity of more than 300 cages/3 d were calculated by the rate of infected fleas and the index of fleas.

表 5　云南省室内不同经纬度鼠类寄生蚤组成、分布及多样性

Table 5　The composition, distribution and diversity of ectoparasite fleas on rodents in residential areas with different longitudes and latitudes

蚤种 Flea species	经度 Longitude (°E)							纬度 Latitude (°N)						
	98	99	100	101	102	103	104	21	22	23	24	25	26	28
印鼠客蚤 *Xenopsylla cheopis*	47	9	77	25	24	34	9	4	19	107	95			
猫栉首蚤 *Ctenocephalides felis felis*			4								4			
特新蚤 *Neopsylla specialis specilis*		1											1	
斯氏新蚤 *Neopsylla stevensi*		3	2										5	
相关新蚤 *Neopsylla affinis*		1											1	
高山狭臀蚤 *Stenischia montanis*			1										1	
方叶栉眼蚤 *Ctenophthalmus quadatus*			5										5	
缓慢细蚤 *Leptopsylla segnis*	9	2	8		2	35	39			76	6	5	8	
迪庆额蚤 *Frontopsylla diqingensis*		13											13	
绒鼠怪蚤 *Paradoxopsyllus custodies*		2											2	
金沙江怪蚤 *Paradoxopsyllus jinshajiangensis*	1													1
长形病蚤 *Nosopsyllus elongate*					1					1				
合计 Total	57	31	97	25	27	69	48	4	19	184	105	5	36	1
物种丰富度 Species richness (*S*)	3	7	6	1	3	2	2	1	1	3	3	1	8	1
生态优势度 Ecology dominance (*C*)	0.7051	0.2799	0.6418	–	0.7970	0.5001	0.6953	–	–	0.5088	0.8233	–	0.2238	–
均匀度指数 Pielou evenness index (*J*)	0.4746	0.7835	0.4468	–	0.3819	0.9998	0.4826	–	–	0.6452	0.3446	–	0.8222	–
物种多样性指数 Species diversity index (*H*′)	0.5214	1.5247	0.8006	–	0.4196	0.6930	0.6962	–	–	0.7088	0.3786	–	1.7096	–

2.4.2　居民区鼠类寄生蚤沿纬度水平的分布格局：总体来看，在居民区景观中，寄生蚤物种丰富度随纬度增加呈现逐步增高后降低的分布格局，高峰位于26°N纬度带，另外随着纬度的增加，印鼠客蚤和缓慢细蚤构成比明显下降，印鼠客蚤甚至在室内没有检获。各个纬度带寄生蚤群落生态优势度指数和均匀度有差异，24°N纬度带生态优势指数最高，均匀度最低。26°N纬度带生态优势指数最低，而均匀度最高。在纬度分布中，蚤类多样性指数总体趋势与丰富度一致，呈现随着纬度增加先升高后降低的分布特征(表5)。

3　讨论

对云南小型兽类及其蚤类的组成、分布和区系等已有较多的研究和论述(龚正达等, 2005; 张胜勇等, 2008)，为研究宿主动物和媒介的空间分布格局及其与自然环境因素的关系奠定了坚实的基础。此次对居民区鼠类体外寄生蚤群落生态学的研究，目的在于初步分析云南居民区寄生蚤沿经纬度梯度和海拔梯度的空间分布特征，在选取调查样区(地点)和样点时充分考虑了上述影响因素，但随着生活条件的改善，室内环境也发生较大转变，就居民区微小环境来说也不尽一致，生活和卫生条件差异较大，因此不同样区或同一样区不同样点捕获结果差异也非常大，一些样点没有采集到足够多的样本量，对统计和分析数据带来一定困难，但结果还是能客观反映云南居民区寄生蚤的基本分布情况。

研究结果表明：居民区鼠类寄生蚤的水平和垂直分布有明显的界定，其空间分布明显受经纬度和海拔等自然因素的影响，在低纬度和低海拔范围，种类相对较少，印鼠客蚤和缓慢细蚤是室内寄生蚤的优势种，其空间分布均表现聚集型分布，集中分布于21－25°N纬度带和1 000－2 000 m垂直梯度带区域；另外，两种蚤存在宿主动物重叠和竞争关系，缓慢细蚤的宿主选择和分布范围要略高于印鼠客蚤。而相对纬度和海拔较高区域，居民区寄生蚤种类增多，优势种不突出，逐渐更替为一些特有蚤

种，同时受外部环境影响较大，其寄生蚤种类与耕作区和森林的蚤类相类似，主要依赖于其寄生的宿主动物种类。在经度水平分布上，蚤种类于 99 – 101°E 经度带形成一个高峰，其余经度带种类较为单一，印鼠客蚤和缓慢细蚤几乎在所有经度带都可见到分布，显示了较宽的生态幅，其中印鼠客蚤表现为均匀分布，而缓慢细蚤表现为由西向东逐渐增高的趋势。

居民区寄生蚤物种丰富度和多样性指数水平分布（纬度）和垂直分布呈现为单峰格局，总体显示出随着纬度和海拔的升高，先升高后降低的分布特征，而在另一个水平分布（经度），则呈现由西向东呈递减的趋势。究其原因，主要与居民区所属区域性景观存在明显差异有关，低海拔和低纬度地区主要是宽谷平原居民文化景观带，海拔在 400 ~ 2 100 m之间，属于西南季风区或南亚热带季风气候区，山区森林植被为常绿阔叶林和热带雨林。而高海拔和高纬度地区主要是滇西北横断山区的云南松林、温性针阔混交林及山间耕地景观带，海拔约为 2 500 ~3 500 m 之间，属于北亚热带和暖温带季风高原气候区（杨宇明等，2008；张荣祖，2011），这种差异与宿主动物、媒介群落结构差异互相吻合，表现出不同地理环境孕育了不同群落结构的因果关系。因此，仅就居民区这种特定的景观而言，在我省相对高差达 3 000 m 范围内，形成了独特的蚤群落结构和地理区域特征。

综上所述，云南居民区蚤类的地理空间分布表现为聚集型分布，其地理分布格局与云南动物地理区划保持一致（解宝琦和曾静凡，2001），并受宿主动物分布和经纬度、海拔等自然因素影响，是我省地理景观长期演变和物种相互适应后形成的自然格局，不同区域景观内的气候环境，森林植被和人类生活生产方式通过影响蚤类栖息生境来影响蚤类的分布（杨孔等，2011）。

致谢　在云南居民区蚤类调查研究工作中，得到了迪庆、临沧、西双版纳、大理等州（市）和剑川、德钦、云龙、石屏和弥勒等县（市）的卫生局、疾控中心和自然保护区管理局等部门的支持与帮助，谨此一并致谢！

参考文献（References）

Friggens MM, parmenter RR, Boyden M, Ford PL, Gage K, Keim P, 2010. Flea abundance, diversity, and plague in Gunnison's prairie dogs (*Cynomys gunnisoni*) and their burrows in montane grasslands in northern New Mexico. *Journal of Wildlife Diseases*, 46(2): 356 – 367.

Gong ZD, Wu HY, Duan XD, Feng XG, Yang GR, 2000. Fauna and community ecology of fleas in Lincang Region, Yunnan province. *Acta Parasitologica et Medica Entomologica Sinica*, 7(3): 160 – 169.［龚正达，吴厚永，段兴德，冯锡光，杨贵荣，2000. 云南临沧地区蚤类群落生态学与区系研究. 寄生虫与医学昆虫学报，7(3)：160 – 169］

Gong ZD, Wu HY, Duan XD, Feng XG, Zhang YZ, Liu Q, 2001. The relationship between the geographical distribution trends of flea species diversity and the important environmental factor in the Hengduan Mountains, Yunnan. *Biodiversity Science*, 9(4): 319 – 328.［龚正达，吴厚永，段兴德，冯锡光，张云智，刘泉，2001. 云南横断山区蚤类物种多样性的地理分布趋势与重要环境因素的关系. 生物多样性，9(4)：319 – 328］

Gong ZD, Wu HY, Duan XD, Feng XG, Zhang YZ, Liu Q, 2005. Species richness and vertical distribution pattern of flea fauna in Hengduan Mountains of western Yunnan, China. *Biodiversity Science*, 13(4): 279 – 289.［龚正达，吴厚永，段兴德，冯锡光，张云智，刘泉，2005. 云南横断山区蚤类物种丰富度与区系的垂直分布格局. 生物多样性，13(4)：279 – 289］

Krasnov BR, Shenbrot GI, Mouillot D, Khokhlova IS, Poulin R, 2006. Ecological characteristics of flea species relate to their suitability as plague vectors. *Oecologia*, 149: 474 – 481.

Li GC, Cai WF, Zhang FX, Lu L, Liang Y, Wang GL, Zhang ZF, He YT, Chen ZJ, Liu QY, Song ZZ, Yu DZ, Wang J, 2009. Surveillance on the host and vector in Yulong plague focus in Yunnan province. *Diseases Surveillance*, 24(2): 114 – 117.［李贵昌，蔡文凤，张福新，鲁亮，梁云，王国良，张正飞，和映天，陈志军，刘起勇，宋志忠，俞东征，王健，2009. 云南省玉龙鼠疫疫源地宿主及媒介监测结果分析. 疾病监测，24(2)：114 – 117］

Ma KP, 1994. Principles and Methodologies of Biodiversity Studies. Chinese Science and Technology Press, Beijing. 237 pp.［马克平主编，1994. 生物多样性研究的原理与方法. 北京：中国科学技术出版社. 237 页］

Salkeld DJ, Stapp P, 2008. Prevalence and abundance of fleas in black-tailed prairie dog burrows: implications for the transmission of plague (*Yersinia pestis*). *Journal of Parasitology*, 94: 616 – 621.

Wang ZG, Zhou F, Zhang Y, Li XL, Sun RJ, 2008. Studies on correlation between bird communities and landscape types. *Journal of Guangxi Agricultural and Biological Science*, 27(3): 235 – 240.［王志高，周放，张勇，李相林，孙仁杰，2008. 鸟类群落与景观类型的相关性研究. 广西农业生物科学，27(3)：235 – 240］

Wu HY, Liu Q, Gong ZD, Wang DQ, Yu X, Li C, Lu L, Liu JY, 2007. Fauna Sinica, Insecta, Siphonaptera. 2nd ed. Science Press, Beijing.［吴厚永，刘泉，龚正达，王敦清，于心，李超，鲁亮，刘井元，2007. 中国动物志，昆虫纲，蚤目（第 2 版）. 北京：科学出版社］

Xie BQ, Zeng JF, 2001. The Siphonaptera of Yunnan. Yunnan Science and Technology Press, Kunming. 1 – 98.［解宝琦，曾静凡，2001. 云南蚤类志. 昆明：云南科技出版社. 1 – 98］

Yang K, Zhang JP, Wu ML, Bai X, 2011. Effects of habitat on flea community and life history. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 22(1): 86 – 88. [杨孔, 张建漂, 吴梦玲, 白雪, 2011. 生境对蚤类群落及其生活史的影响. 中国媒介生物学及控制杂志, 22(1): 86 – 88]

Yang YM, Wang J, Wang JH, Pei SJ, 2008. Studies on the Biodiversity and Its Conservation in Yunnan, China. Science Press, Beijing. 21 – 122. [杨宇明, 王娟, 王建皓, 裴盛基, 2008. 云南生物多样性及其保护研究. 北京: 科学出版社. 21 – 122]

Zhan YZ, Guo XG, Zuo XH, Wang QH, Wu D, 2011. Preliminary survey on the distribution of *Leptotrombidium deliense* in some areas of Yunnan province. *Chinese Journal of Epidemiology*, 32(1): 13 – 16. [詹银珠, 郭宪国, 左小华, 王乔花, 吴滇, 2011. 云南省部分地区地里纤恙螨分布调查. 中华流行病学杂志, 32(1): 13 – 16]

Zhang RZ, 2011. Zoogeography of China. Science Press, Beijing. 1 – 53. [张荣祖, 2011. 中国动物地理. 北京: 科学出版社. 1 – 53]

Zhang SY, Guo XG, Gong ZD, Zhang LY, Wu D, Wang ZK, 2008. Flea fauna and distribution characteristics in Yunnan, S. W. China. *Acta Entomologica Sinica*, 51(9): 967 – 973. [张胜勇, 郭宪国, 龚正达, 张丽云, 吴滇, 王政昆, 2008. 云南蚤类区系及分布特征. 昆虫学报, 51(9): 967 – 973]

(责任编辑: 袁德成)